



GRAU EN ÒPTICA Y OPTOMETRIA

TREBALL FINAL DE GRAU

“SOLUCIONS HUMECTANTS PER A LENTS DE CONTACTE. CARACTERÍSTIQUES, COMPOSICIÓ I PROPIETATS”

ADRIÀ ALCOVERRO SANTAMARGARITA

DIRECTOR: JOAN TORRENT

Terrassa, 11 de Gener de 2016

Índex

1. Resum.....	4
2. Summary.....	7
3. Motivació del treball.....	11
4. Objectius.....	11
5. Solucions humectants per a lents de contacte.....	11
6. Solucions úniques per a lents de contacte.....	15
7. Classificació solucions comercials.....	17
7.1. Solucions acondicionadores per a lents RPG.....	17
7.2. Solucions úniques per a lents de contacte toves.....	20
8. Característiques dels components.....	22
9. Mesures de les propietats físico-químiques.....	27
10. Taula resum.....	37
11. Conclusions.....	39
12. Bibliografia.....	40
13. Annex.....	41



GRAU EN ÒPTICA Y OPTOMETRIA

El Sr. JOAN TORRENT, com a director del TREBALL FINAL
DE GRAU

CERTIFICA

Que el Sr. Adrià Alcoverro Santamargarita ha realitzat sota la
seva supervisió el treball:

“SOLUCIONS HUMECTANTS PER A LENTS DE CONTACTE.
CARACTERÍSTIQUES, COMPOSICIÓ I PROPIETATS”

Recollit en aquesta memoria per a optar al títol de grau en
Òptica i Optometria.

I perquè consti, signo aquest certificat.

Sr. JOAN TORRENT
Director del treball

Terrassa, 12 de Gener de 2016



GRAU EN ÒPTICA Y OPTOMETRIA

“SOLUCIONS HUMECTANTS PER A LENTS DE CONTACTE. CARACTERÍSTIQUES, COMPOSICIÓ I PROPIETATS”

RESUM

En el present treball s'ha realitzat un estudi sobre les característiques, la composició i les propietats de les solucions humectants per a varis tipus de lents de contacte, com poden ser les lents d'hidrogel silicona o les lents RPG. S'ha seleccionat una sèrie de productes de diferents característiques, amb els quals es treballa a l'àrea de contactologia a la Facultat d'Òptica i Optometria de Terrassa, i després de fer una recerca sobre els elements i substàncies que componen aquestes solucions, hem obtingut mesures al laboratori, mitjançant l'ús de diferents tècniques físico-químiques tals com la densitat, el pH, la tensió superficial, la viscositat, la salinitat i l'angle de contacte.

Un cop analitzades les característiques i determinats els components amb els quals treballar més a fons, es van preparar quatre dissolucions al laboratori per a estudiar també les seves característiques.



GRAU EN ÒPTICA Y OPTOMETRIA

“SOLUCIONES HUMECTANTES PARA LENTES DE CONTACTO. CARACTERÍSTICAS, COMPOSICIÓN Y PROPIEDADES”

RESUMEN

En el presente trabajo se ha realizado un estudio sobre las características, la composición y las propiedades de las soluciones humectantes para varios tipos de lentes de contacto, como pueden ser las lentes de hidrogel silicona o las lentes RPG. Se ha seleccionado una serie de productos de diferentes características, con los que se trabaja en el área de contactología en la Facultad de Óptica y Optometría de Terrassa, y después de hacer una investigación sobre los elementos y sustancias que componen estas soluciones, hemos obtenido medidas en el laboratorio, mediante el uso de diferentes técnicas físico- químicas tales como la densidad, el pH, la tensión superficial, la viscosidad, la salinidad y el ángulo de contacto.

Una vez analizadas las características y determinados los componentes con los que trabajar más a fondo, se prepararon cuatro disoluciones en el laboratorio para estudiar también sus características.



GRAU EN ÒPTICA Y OPTOMETRIA

“HUMECTANTS SOLUTIONS FOR CONTACT LENSES. FEATURES, COMPOSITION AND PROPERTIES”

ABSTRACT

In the present work we have done a study on the characteristics, composition and properties of the wetting solutions for various types of contact lenses, such as silicone hydrogel lenses or RPG lenses. It has been selected a number of products with different characteristics, which are used in the field of contact lens at the School of Optometry of Terrassa. After doing research on the substances that comprise these solutions, we obtained measurements in the laboratory using different physicochemical techniques, such as density, pH, surface tension, viscosity, salinity and contact angle. Once analyzed the characteristics and specific components with which to work, four solutions were prepared further in the laboratory to study their characteristics.

2. Summary

Wetting solutions

When a liquid covers the surface of a solid, in this process it is called moisture or wet. The wet of a solid to a liquid requires the adherence of the liquid to the solid, disappearing in part the forces of cohesion of the liquid. The wettability is essential for optimal performance of the contact lenses in two ways. First of all, in the area of the eye, the lens is wrapped by tear that contains high proportion of water, and if the material were not easily wettable by the lacrimal fluid was originally a scattering of light unacceptable. Secondly, the lacrimal film would break spontaneously after each flicker, which would give rise to a poor visual acuity.

The main function of the wetting solution is to increase the wettability of the contact lens, to ensure that the hydrophilic components of the tear to feel attracted to this surface. The polymer of the lens consists of hydrophilic centres and hydrophobic centres. To the correct working of the tears it is necessary that the polar centres are geared toward the surface of the lens and, conversely, that the hydrophobic centres are geared toward inside of it.

The wetting solutions are composed mainly of cellulosic derivatives, polivinilalcohol, isotonic solution, preservatives and pH regulators.

The main functions of a wetting solution should be the following:

- To convert the hydrophobic surface of the lens in hydrophilic. This is achieved by decreasing the contact angle between the tear and the lens. Wetting agents are usually form a monolayer on the surface of the lens, with the hydrophobic chain directed towards the lent and the hydrophilic chain directed toward the tear. Therefore, perform a function as a bridge between the polar environment of the tear and the hydrophobic surface of the lens.
- To protect the surface of the lens, because it does not come in contact with the finger during the installation process and thus prevent contamination of the lens.
- To provide lubrication between the upper eyelid and the lens, as well as to act as a cushion between the lens and the cornea, erasing the sensation of discomfort that would cause the introduction of a strange object in the eye.

Multipurpose solutions

The multipurpose solutions have been developed to simplify the hygiene of the contact lenses, even if this means decreasing its effectiveness disinfectant.

The multipurpose solutions have disadvantages to take into account:

- No activity against fungi.
- Slower performance than other disinfectants.
- No prevents the contamination of the cases.
- It has lower antimicrobial activity than other disinfectant agents, peroxides and systems.

Commercial solutions

In this project we have been working with several solutions from different commercial enterprises. We have classified into two major groups: conditioner solutions for RPG lenses and multipurpose solutions for hydrogel lenses.

In the first group conditioner solutions for RPG, we find:

- Boston Advance
- Durasol
- Concare
- Hidro Health RPG.

And in the second group we can see:

- Opti-Free Pure Moist
- Hidro Health SiH
- Zero Disop

After studying the commercial solutions, we prepared four solutions to the laboratory:

- Poloxamer (0,05%)
- Hydroxypropylmethylcellulose (0,05%)
- Hydroxyethylcellulose (0,05%)
- Polyvinyl alcohol (0,02%)

Characteristics of the components

In this project we have selected the main components of solutions for contact lenses and we have studied the most important. We will divide the components into different groups according to their functions:

Disinfectants:

- Polihexametile biguanide (PHMB), used in the solutions for contact lenses and has historically been a component of swimming pool cleaners and disinfectants for the skin. PHMB has proven not to be irritating for the cells of the cornea, but its antifungal activity is limited. PHMB employs its microbial activity by integrating in the bacterial cell walls, disturbing its membrane and altering the transcription of bacterial DNA.
- Polyquad: Polyquad is a kind of detergent derived from BAK. It has unique properties that distinguish it from BAK. Bacterial cells attract Polyquad, however, epithelial cells of the human cornea tend to repel the compound. It has proven to be much less toxic to the surface of the cornea and conjunctiva than BAK, but it has also been shown to cause damage to the surface epithelial cornea. It reduces the density of Goblet cells conjunctive tests, reducing in this way the aqueous production of the lacrimal film.
- Sodium tetraborate: It is a disinfectant derived from the bor, also known by the name of salt of bor. It is a soft and white glass that dissolves easily in water.
- Boric acid: It is a chemical compound used as antiseptic, insecticide and is a precursor of other chemical compounds. It is used also as a pH regulator.

Wettings:

- Polyvinyl alcohol (PVA), is a water-soluble synthetic polymer. It lubricates the eye surface, due reduction of the surface tension.
- Hydroxypropylmethylcellulose: It is a semisynthetic viscoelastic and inert polymer that is used as wetting to treat dry eyes.

- Poloxamer: It is an important surfactant and wetting used in the most of contact lenses solutions. Poloxamer catch the lipid deposits and away from the surface of the contact lens.
- Macrogol hydroxiestearat: It is a surfactant and emulsifier, which makes it ideal for the maintenance of the silicone hydrogel contact lenses.

Chelating agents:

- Edetate Disodium: Also known as EDTA, is a chelating agent used in a variety of ophthalmic products, including hair conditioner, facial cleansers, deodorants and aftershaves. In the recycling industry, it has been used to recover lead from lead-acid batteries used. The EDTA has gained use in ophthalmic solutions for its ability to bind to metals. It has also been used in eye washes to help in neutralising their lime or calcium hydroxide on the cornea.
- Sodium phosphate: Is a generic way to define the three different salts of sodium. One of its main applications such as additive is in meat products, as what the interact with proteins reduce the loss of water. In some cases it is used as a regulator of acidity and as a chelating agent of some minerals.

Measures of physical-chemical properties

In the laboratory we study the following characteristics:

- Density
- pH
- Surface tension
- Viscosity
- Salinity
- Contact angle

Once gotten the results, it had been prepare four dissolutions more with MilliQ water to study the same physical-chemical properties of some moisturizers alone.

These moisturizers are Poloxamer, Hydroxypropylmethylcellulose, Hydroxyethylcellulose and Polyvinyl alcohol.

Finally, we have gathered the results of all the measures in a table, to better compare the differences between all of the solutions studied and thus be able to draw the conclusions.

3. Motivació

El motiu pel qual vaig decidir realitzar aquests treball d'investigació sobre solucions humectants per a lents de contacte, és que a part de ser un tema curiós i interessant sota el meu punt de vista, penso que no es treballa amb prou profunditat com sí es fa amb les pròpies lents de contacte.

Personalment volia descobrir més coses sobre les característiques i les propietats que donen alguns components, saber per què a unes persones els va millor un tipus de solució o una altra.

4. Objectius

L'objectiu d'aquest treball és conèixer més a fons els diferents tipus de solucions humectants que hi ha al mercat, seleccionant productes de diverses cases comercials i per a diferents materials de lents de contacte, com l'hidrogel de silicona o lents RPG.

Un cop escollits els productes a estudiar, ens centrarem en la recerca d'informació sobre algunes de les substàncies que els componen, les seves característiques i les concentracions.

A continuació, realitzarem un estudi experimental de les diferents propietats fisico-químiques d'aquests productes.

5. Solucions humectants per a lents de contacte

Quan un líquid cobreix la superfície d'un sòlid, a aquest procés se li denomina humectació o mullat. El mullat d'un sòlid per un líquid implica l'adherència del líquid al sòlid, desapareixent en part les forces de cohesió del líquid.

En les lents de contacte, el terme de solució humectant és un exemple d'humectació de la superfície del material.

La humectabilitat és essencial per a un rendiment òptim de les lents de contacte en dos sentits. En primer lloc, en l'entorn de l'ull, la lent està envoltada de llàgrima que conté elevada proporció d'aigua, i si el material no fos fàcilment humectable pel fluid lacrimal s'originaria una dispersió de la llum inacceptable. En segon lloc, la pel·lícula

lacrimal es trencaria espontàniament després de cada parpelleig, el que donaria lloc a una agudesa visual deficient.

La funció principal de la solució humectant és la d'augmentar la humectabilitat de la lent de contacte, per aconseguir que els components hidrofílics de la llàgrima se sentin atrets cap a aquesta superfície. Els compostos de la llàgrima que són atrets per la superfície de la lent són les mucines, que es disposen sobre la superfície. Després de diversos minuts, la mucina, que és extremadament hidrofílica, fa que la superfície de la lent sigui mullada i sigui molt més confortable. El component bàsic d'una solució humectant serà un agent humectant tipus tensioactiu, el qual no ha d'ocasionar molèsties a l'ull.

Les solucions humectants per a lents de contacte presenten en la seva composició altres substàncies amb propietats desinfectants, de neteja o d'augment de la viscositat; algunes d'aquestes substàncies també poden tenir un cert caràcter humectant, així com l'agent humectant pot tenir alguna de les propietats citades anteriorment.

Les solucions humectants s'usen principalment per a lents de contacte rígides tipus PMMA i RPG, i en lents de silicona, que són hidrofòbiques.

El polímer de la lent consta de centres hidròfils o polars i centres hidròfobs o apolars (que repel·leixen l'aigua). Perquè la llàgrima sigui estable sobre la lent de contacte és necessari que els centres polars estiguin orientats cap a la superfície de la lent i, per contra, que els centres hidròfobs s'estabilitzin a l'interior de la mateixa. Això s'aconsegueix per l'acció de components amb propietats humectadoras com són el poloxàmer i la HPMC que interaccionen electrostàticament amb la superfície de la lent i "tiren cap a fora" dels centres polars.

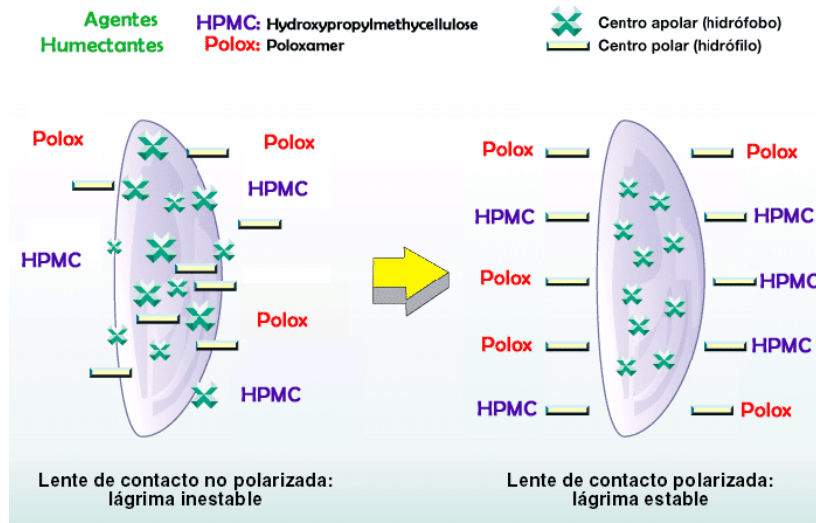


Figura 1. Representació de la humectació d'una lent de contacte

Composició:

- Derivats cel·lulòsics
 - Hidroxietilcel·lulosa
 - Hidroxipropilcel·lulosa
 - Hidroxipropilmetilcel·lulosa (HPMC)
- Polivinilalcohol (PVA)
- Solució isotònica (generalment de clorur sòdic).
- Agents conservants (EDTA, clorur de benzalconi).
- Solució reguladora del pH (borat, bicarbonat, fosfat) per mantenir aquest entorn de 7.4 (entre 5 i 9).

Funcions:

Les principals funcions d'una solució humectant han de ser les següents:

1. Convertir la superfície hidrofòbica de la lent en hidrofílica. Això s'aconsegueix disminuint l'angle de contacte entre la llàgrima i la lent.

Els agents humectants solen formar una monocapa sobre la superfície de la lent, amb la part hidròfoba dirigida cap aquesta i la part hidròfila dirigida cap a la llàgrima. Per tant, realitzen una funció de pont entre el medi polar de la llàgrima i la superfície hidrofòbica de la lent.

2. Protegir la superfície de la lent perquè no entri en contacte amb el dit durant el procés de col·locació i així evitar que s'embruti la lent .
3. Proporcionar lubricació entre la parpella i la lent, així com actuar de coixí entre la lent i la còrnia, eliminant la sensació de desconfort que provocaria la introducció d'un objecte estrany a l'ull.

Característiques:

Les característiques essencials d'una solució humectant són les següents:

1. Ha de mullar completament i expandir-se sobre tota la superfície de la lent.
2. Ha de formar una pel·lícula prou resistent com per a no trencar-se durant el període d'ús de la lent.
3. S'ha d'instal·lar directament a l'ull sense provocar irritació, ni instantània ni amb un ús prolongat.
4. No ha de deixar cap pel·lícula residual en la lent després de eixugar-la.
5. Ha de portar agents de conservació.
6. No ha d'interferir en el paper de la llàgrima.
7. Ha de proporcionar un grau adequat de viscositat per a una bona lubricació .

6. Solucions úniques per a lents de contacte

Les solucions úniques s'han desenvolupat per simplificar la higiene de les lents de contacte, tot i que això comporta disminuir la seva eficàcia desinfectant. Per augmentar la seva eficàcia, es recomana un fregat i esbandit de la LC previ a la seva conservació al portalents durant la nit. Es recomana la renovació diària del líquid de l'estoig i canviar l'estoig freqüentment.

A part, presenta una sèrie d'inconvenients a tenir en compte:

1. Nul·la activitat enfront dels fongs.
2. Actuació més lenta que la d'altres desinfectants.
3. No prevé la contaminació dels estoigs portalents.
4. Té activitat antimicrobiana més baixa que altres agents desinfectants, i els sistemes de peròxids.

Per a un correcte manteniment de les lents de contacte cal efectuar els següents passos:

- 1) Neteja superficial: aplicant solució única sobre la lent i fregant-la amb la punta del dit contra el palmell de la mà abans i després d'haver usat les lents.
- 3) Desinfecció: deixar durant la nit les lents de contacte al portalents i amb la quantitat necessària de solució única, destruint o tornant inerts els organismes patògens.
- 4) Esbandida: elimina la presència d'organismes inerts sobre la superfície de les lents després de la desinfecció, evitant que es converteixin en dipòsits.
- 5) Neteja enzimàtica setmanal: elimina la pel·lícula de proteïnes que amb l'ús va recobrint la lent.

Composició:

- 1) Sistema tampó (borat sòdic, fosfats).
- 2) Agent per mantenir la tonicitat (clorur sòdic).
- 3) Agent tensioactiu o surfactant no iònic, que arrossega lípids i proteïnes adherits a la superfície (poloxàmer).
- 4) Agent quelant, que arrossega el calci i minerals i té una mica d'acció antimicrobiana (edetat disòdic).
- 5) DYMED (Poliaminopropil biguanida), és el principal agent antimicrobià. Es presenta en baixes concentracions, pel que la seva toxicitat és baixa. Actua unint-se als fosfolípids de la membrana citoplasmàtica bacteriana.



Figura 2. Exemples de Solucions úniques

7. Classificació solucions comercials

7.1. SOLUCIONS ACONDICIONADORES PER A LENTS RPG

SOLUCIÓ ACONDICIONADORA BOSTON ADVANCE

Solució utilitzada per humectar, conservar i desinfectar lents RPG, proporcionant un confort extra i durader. Facilita la formació d'una capa acuosa amortiguadora gràcies als polímers hidrofílics amb afinitat cap a la superfície de la lent RPG. Aquesta cobertura de la capa acuosa promou la formació de components essencials de la llàgrima (mucines), fent créixer així el temps d'ús i el confort.

Composició:

- Poliaminopropil biguanida (0,0005%)
- Gluconat de Clorhexidina (0,003%)
- Edetat disòdic (0,05%)
- Sals i agents estabilitzants de pH
- Policuaternari 10
- Viscosant cel·lul·lòsic
- Alcohol polivinílic
- Derivat de polietilenglicol



Figura 3. Boston solució acondicionadora

DURASOL CONSERVADOR

Sistema de manteniment per a lents de contacte RPG. És un producte amb acció humectant i desinfectant que s'utilitza per conservar les lents durant tota la nit. Per la seva acció lubricant, redueix al mínim la fricció en la incorporació de la lent a l'ull. És una solució salina isotònica i està tamponada a pH 7,2 - 7,6 amb tampó àcid bòric, a més, porta incorporats agents humectants i lubricants: poloxàmer i hidroxipropilmetilcel·lulosa.

El producte està conservat amb EDTA i polihexametil biguanida. La no utilització d'un bon agent humectant afavoreix els dipòsits grassos en la superfície de la lent de contacte i la consegüent disminució de la hidrofília de la mateixa manera que tan necessari com un netejador de superfície és l'ús d'un humectador-conservador. Durant el temps en què les lents estan submergides en el conservador ocorren dos processos: la humectació i la desinfecció.

A l'acció humectant cal acompanyar amb una acció desinfectant que disminueixi al mínim els nivells de contaminació. Els assajos bacteriològics realitzats mitjançant el test de challenge demostren que el producte garanteix la desinfecció en un temps no superior a 6 hores.

Els assaigs clínics d'irritabilitat en ulls de conill demostren que el preparat no és irritant per a la còrnia i la conjuntiva.

Les anàlisis sobre les lents de contacte més utilitzades en el mercat demostren que la neteja diària de lents permeables amb Durasol netejador i la seva humectació i desinfecció amb Durasol conservador és un sistema senzill d'ús i complet que no necessita de la utilització de netejadors enzimàtics.

Composició:

- Polihexametil biguanida (PHMB) (0,0004%)
- Edetat sòdic (0,1%)
- Clorur sòdic
- Àcid bòric
- Tetraborat sòdic
- Poloxàmer
- Hidroxipropilmetilcel·lulosa



Figura 4. Durasol acondicionador

CONCARE

Solució desinfectant, humectant i acondicionadora per a lents de contacte rígides i RPG. La alta viscositat d'aquesta solució és idònia per a la bona humectació de les lents RPG i el confort a l'hora de portar-les.

Composició:

Humectants:

- Alcohol polivinílic
- Hidroxipropilmetilcelulosa.

Conservant:

- Polihexanida Biguanida (0,002%).



Figura 5. Concara solució acondicionadora

HIDRO HEALTH RPG

Hidro Health RGP és una Solució única que serveix per netejar, desinfectar i humectar les lents RGP amb un sol procés.

La fórmula conté un humectant i tensioactiu, el Poloxàmer, que retira els lípids de la superfície de la lent en efectuar la fricció.

Composició:

- Poliaminopropil biguanida (0,0004%)
- Edetat disòdic (0.1%)
- Poloxàmer
- Hidroxipropilmetilcelulosa
- Clorur sòdic
- Àcid bòric
- Tetraborat sòdic



Figura 6. Hidro Health RPG

7.2. SOLUCIONS ÚNIQUES PER A LENTS TOVES

OPTI-FREE PURE MOIST

Solució única indicada per a totes les lents de contacte toves i optimitzat per a les lents de contacte d'hidrogel de silicona.

Està dissenyat amb la Matriu humectant HydraGlyde™ que proporciona 16 hores de humectabilitat a les lents de contacte i redueix els dipòsits de lípids.

També elimina els dipòsits de proteïnes de les lents de contacte durant la desinfecció.

Els desinfectants duals i biocompatibles, POLYQUAD® i ALDOX®, ataquen els microorganismes nocius com bacteris, fongs i Acanthamoeba.

Composició:

Desinfectants:

- Polyquad®
- Aldox®



Figura 7. Opti-Free Pure Moist

HIDRO HEALTH SiH

És un producte específic per a la neteja de lents d'hidrogel de silicona. Hidro Health SiH incorpora Macrogol Hidroxiestearat, un component capaç d'emulsionar els lípids perquè no es tornin a dipositar un cop fregada la lent.

Composició:

- Poliaminopropil biguanida (0,0002%)
- Edetat disòdic (EDTA) (0,02%)
- Poloxàmer
- Clorur sòdic
- Fosfat monosòdic
- Fosfat disòdic
- Citrat sòdic
- Macrogol hidroxiestearat



Figura 8. Hidro Health SiH

ZERO DISOP

Disop Zero solució única és un tractament per a la higiene i la desinfecció de lents de contacte toves. La seva fórmula sense conservants permet emprar aquesta solució sobre lents de contacte toves i persones amb ulls sensibles.

Conté ions de plata, que compten amb una important acció antibacteriana, i amb Oxipol®, un actiu patentat que garanteix la desinfecció en l'envàs o portallents, però que es transforma en elements innocus quan entra en contacte amb l'entorn de l'ull.

Composició:

- Oxipol®
- Hidroxipropilmetilcelulosa
- Sals de fosfat
- Ions de plata



Figura 9. Zero Disop

8. Característiques dels components

Polihexametilè biguanida

Polihexametilè biguanida (PHMB) s'ha utilitzat en les solucions per a lents de contacte i ha estat històricament un component de productes de neteja de piscines, desinfectants de la pell i solucions de rentat de catèter urinari.

Els beneficis de PHMB contra la *Acanthamoeba* i els bacteris són ben coneguts. PHMB ha demostrat no ser irritant per a les cèl·lules de la còrnia humana; però, la seva activitat antifúngica és limitada.

PHMB empra la seva activitat microbiana mitjançant la integració en les parets cel·lulars bacterianes, pertorbant així la seva membrana i alterant letalment la transcripció d'ADN bacterià.

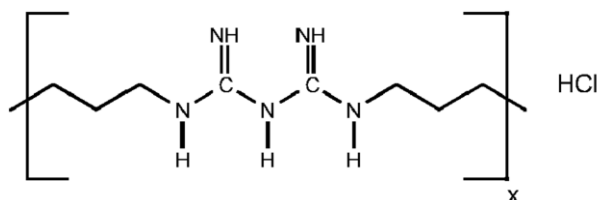


Figura 10. Estructura molecular PHMB

Alcohol Polivinílic

L'alcohol polivinílic (PVA), és un polímer sintètic soluble en aigua, amb fórmula química general (C₂H₄O). És un tensioactiu, lubrica la superfície ocular gràcies a la disminució de la tensió superficial.

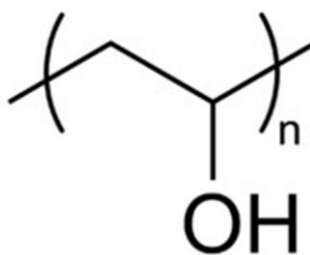


Figura 11. Estructura molecular PVA

Polyquaternium-1 (Polyquad®)

Polyquad® és un conservant de tipus detergent derivat de BAK. Polyquad va ser formulada a mitjans de 1980 per Alcon com a conservant per a solucions de lents de contacte. Tot i que és un detergent, Polyquad té propietats úniques que el distingeixen de BAK. Les cèl·lules bacterianes atreuen Polyquad, però, les cèl·lules epitelials de la còrnia humana tendeixen a repel·lir el compost.

Mentre Polyquad ha demostrat ser molt menys tòxic per a la superfície de la còrnia i conjuntiva que el BAK, s'ha demostrat que causa dany epitelial superficial a la còrnia. Redueix la densitat de cèl·lules caliciformes conjuntivals, disminuint d'aquesta manera la producció aquosa de la pel·lícula lacrimal.

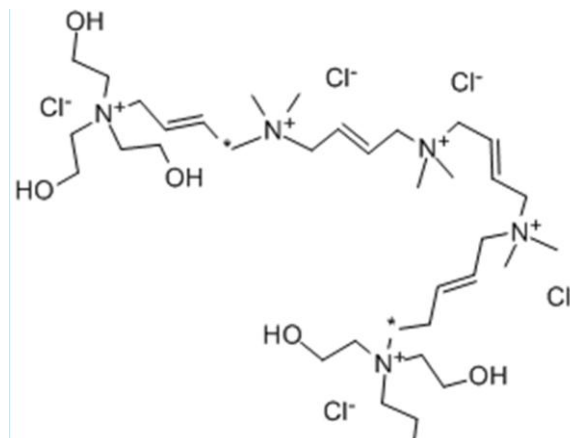


Figura 12. Estructura molecular Polyquad

Hidroxipropilmetilcel·lulosa

És un polímer semisintètic viscoelàstic i inert que s'utilitza com humectant en forma de gotes oftàlmiques per al tractament de la sequedat ocular o xeroftàlmia.

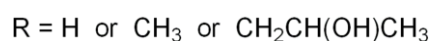
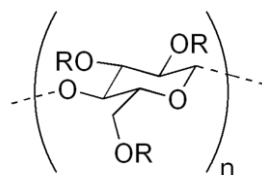


Figura 13. Estructura molecular Hidroxipropilmetilcel·lulosa

Edetat Disòdic

L'edetat disòdic, també conegut com EDTA, és un agent quelant utilitzat en una varietat de productes no oftàlmics, incloent condicionador per al cabell, netejadors facials, desodorants i aftershaves. En la indústria del reciclatge, s'ha utilitzat per recuperar el plom de les bateries de plom-àcid usades. En el camp de la medicina, els usos inclouen el tractament de la intoxicació per mercuri aguda, intoxicació per plom i la hipercalcèmia.

L'EDTA ha guanyat ús en solucions oftàlmiques per la seva capacitat per unir-se a metalls. També s'ha utilitzat en rentats oculars per ajudar en la neutralització d'hidròxid de calci o calç cremades a la còrnia.

Edetat disòdic també té efectes conservants sobre la base de la seva capacitat per quelar.

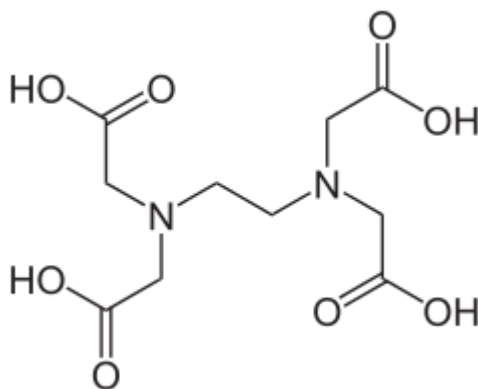


Figura 14. Estructura molecular EDTA

Tetraborat sòdic

És un compost desinfectant important provinent del bor, també conegut amb el nom de sal de bor. És un vidre blanc i suau a temperatura ambient que es dissol fàcilment en aigua.

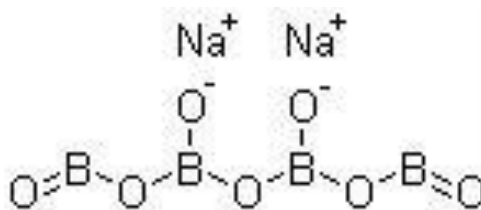


Figura 15. Estructura molecular Tetraborat sòdic

Poloxàmer

És un important tensioactiu i humectant utilitzat en diverses solucions de manteniment per a lents de contacte. A continuació mostrem el mecanisme d'acció amb el qual el Poloxàmer atrapa els dipòsits de lípids i els allunya de la superfície de la lent de contacte.

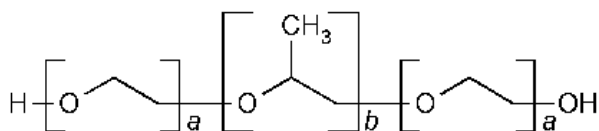


Figura 16. Estructura molecular Poloxàmer

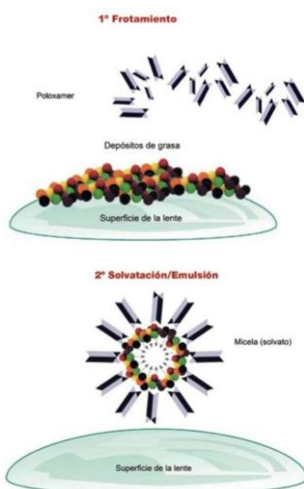


Figura 17. Acció del Poloxamer

Àcid bòric

L'àcid bòric és un compost químic usat com antisèptic, insecticida, retardant de la flama i és precursor d'altres compostos químics. És usat també com a agent tampó per a regulació del pH.

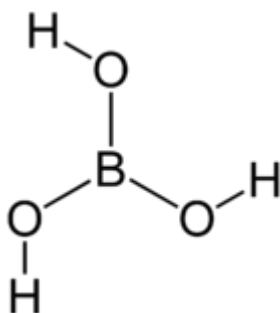


Figura 18. Estructura molecular àcid bòric

Macrogol hidroxiestearat

És un tensioactiu que també té la qualitat de ser emulsionant, que el fa idoni per al manteniment de les lents de contacte d'hidrogel de silicona. La solució única Hidro Health SiH vista anteriorment inclou aquest tensioactiu.

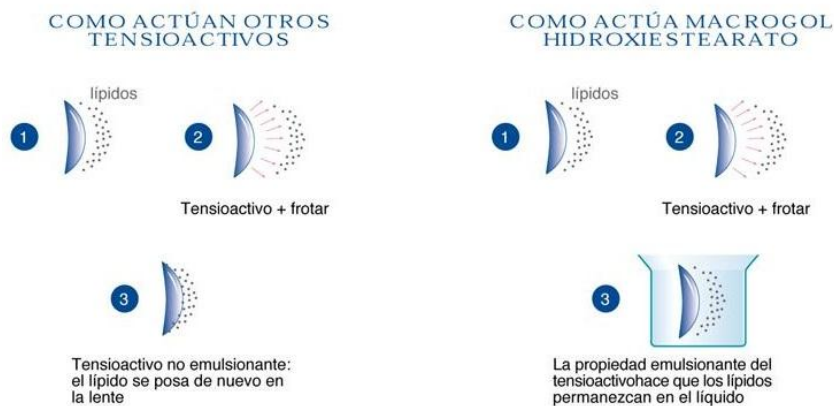


Figura 19. Acció del macrogol hidroxiestereat

Fosfat sòdic

És una forma genèrica de definir les tres diferents sals del sodi. Les sals es troben de forma natural en el nostre cos, i també s'empren com a additius alimentaris, principalment com a estabilitzants. Una de les seves principals aplicacions com additiu és en productes càrnics, ja que a l'interactuar amb les proteïnes disminueixen la pèrdua de l'aigua. En algunes ocasions és emprat com un regulador de l'acidesa i com a agent quelant d'alguns minerals.

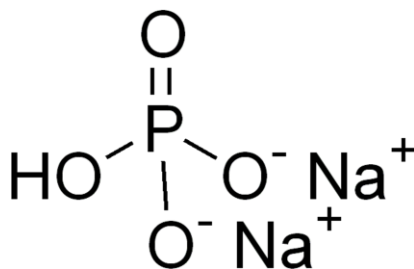


Figura 20. Estructura molecular Fosfat sòdic

9. Mesures de les propietats físico-químiques

En el següent apartat explicarem detalladament, per a la mesura de cada propietat físico-química, el material utilitzat així com el procediment dut a terme per a realitzar les mesures.

Les solucions comercials estudiades han estat les següents:

- Durasol
- Concare
- Hidro Health RPG
- Boston
- Hidro Health SiH
- Pure moist
- Zero

Un cop estudiades aquestes solucions, prepararem al laboratori quatre dissolucions més amb aigua MilliQ, i mesurarem les mateixes propietats:

- Poloxàmer (0,05%)
- HPMC (0,05%)
- HEC (0,05%)
- PVA (0,02%)

Els resultats complets de totes les mesures realitzades es presenten en detall a l'Annex al final de la memòria, amb els promitjos i desviacions estàndard.

9.1. DENSITAT

Temperatura del laboratori 23°C.

Material:

- Balança
- Micropipeta
- Recipient en forma de sabata
- Mostra
- Aigua MilliQ

Procediment:

Primer de tot s'ha de netejar i eixugar bé el material. Posem en marxa la balança i realitzem la tara amb el recipient sabata buit. Calibrem la micropipeta per a mesurar un volum de 0.5 mL utilitzant aigua ultrapura o MilliQ.

Un cop fet això, es pesa la quantitat de líquid amb la balança.

Al finalitzar les mesures d'un mateix líquid es canvia la punta utilitzada a la micropipeta.

Calibrem amb aigua, de la qual coneixem la densitat. Col·loquem el volum (0.5mL) de la mostra en el recipient i pesem: ens donarà la m_1 . Tornem a tarar la balança, i quan indiqui 0,00g fem la següent mesura: m_2 , i seguidament mesurem m_3 . Després calculem el volum mesurat $V=m/d$. Fem el promig (V_m) i aquest serà el volum real a emprar en els càlculs.

Aigua $d= 0,9979 \text{ g/cm}^3$	$M1= 0,5034\text{g}$	$M2= 0,5021\text{g}$	$M3= 0,5027\text{g}$		
$V=m/d$	$V1= 0,5044\text{cm}^3$	$V2= 0,5032\text{cm}^3$	$V3= 0,5038\text{cm}^3$	$V_m= 0,5038\text{cm}^3$	dv. Stnd.= 6×10^{-4}

Seguim col·locant el volum mostra en el recipient i pesem: m_1

Farem 2 mesures consecutives més (m_2 , m_3) col·locant en cadascuna més volum de mostra sobre l'anterior (sempre prèviament a cada mesura cal tarar, posar a zero la balança).

Càlcul de la densitat per a cada mesura: Densitat= m/V , on $V= 0.5038 \text{ cm}^3$.

Calcularem la mitjana de la densitat per la mostra.

	DENSITAT (g/cm^3)
AIGUA	0,9979
DURASOL	0.9734
CONCARE	0.9926
HIDRO HEALTH RPG	0.9986
BOSTON	0.9411
HIDRO HEALTH SiH	0.9841
PURE MOIST	0.9885
ZERO	1.0102
POLOXÀMER	0.9838
HPMC	0.9749
HEC	0.9819
PVA	0.9839

Taula 1. Resultats de densitat

9.2. pH

Temperatura del laboratori 22°C.

Material:

- Vas de precipitats
- Dissolucions de calibratge
- pH-metre
- Elèctrode (microelèctrode)
- Mostra (quantitat petita)
- Aigua MilliQ

Procediment:

Primerament netejarem i eixugarem el material.

Engegarem el pH-metre una estona abans de començar-lo a utilitzar, igual que traurem les dissolucions de calibratge de pH 7 i pH 4 de la nevera perquè es posin a temperatura ambient.

Neteja i calibratge del pH-metre amb l'elèctrode corresponent. Farem 3 mesures del pH per a cada una de les mostres i, finalment, calcularem la mitjana.

Per a cada mesura procedirem a la neteja de l'elèctrode amb aigua MilliQ.

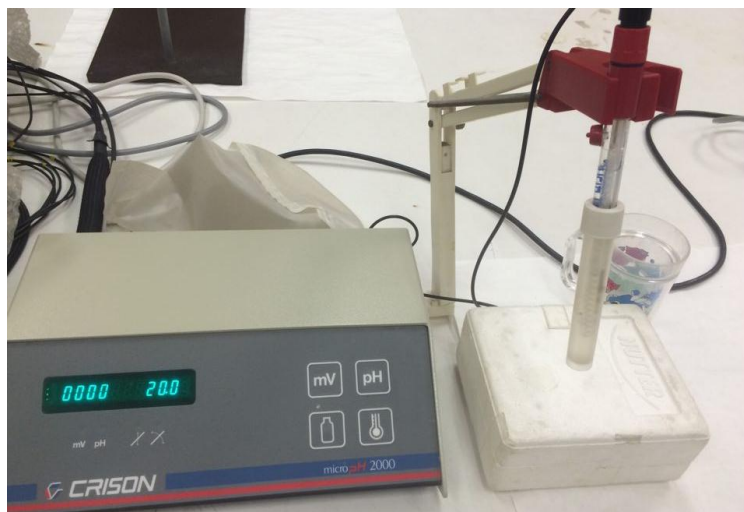


Figura 21. PH-metre usat en les mesures

A continuació mostrem els resultats obtinguts:

	pH
AIGUA	7.00
DURASOL	7.270
CONCARE	7.093
HIDRO HEALTH RPG	7.30
BOSTON	7.156
HIDRO HEALTH SiH	7.503
PURE MOIST	7.816
ZERO	7.090
POLOXÀMER	5.977
HPMC	5.687
HEC	6.24
PVA	6.23

Taula 2. Resultats de pH

9.3. TENSIÓ SUPERFICIAL

Temperatura del laboratori 22°C.

Material:

- Vas de precipitats petit
- Balança de Langmuir
- Aigua MilliQ
- Mostra (quantitat petita)

Procediment:

Primer de tot cal encendre l'ordinador i l'aparell amb el qual farem les mesures.

Posaem la tira de paper (placa Wilhelmy) en aigua MilliQ nova durant uns 3 minuts perquè es vagi impregnant. A continuació col·loquem la tira en la balança de Langmuir de l'aparell. Afegim el líquid a mesurar en un recipient pla petit que estigui net i ben sec.

Fem contacte entre la tira i el líquid i tornem a esperar, aquest cop 1 minut.

Després del minut, poc a poc fem que la tira pugui fins que el contacte amb el líquid sigui mínim.

Posem a zero la lectura de pressió superficial amb el software instal·lat a l'ordinador del laboratori.

Desenganxem la tira del líquid i anotem el valor que dona el software. Aquest valor es la tensió superficial.

Farem cinc mesures consecutives i traurem el valor promig.

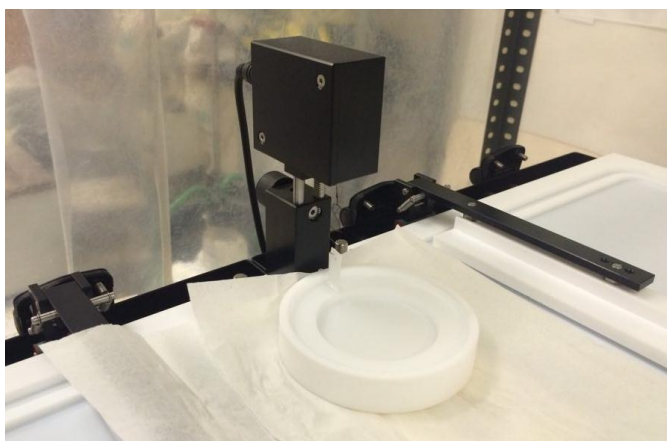


Figura 22. Balança de Langmuir

En acabar les mesures d'un mateix líquid, posarem la tira en aigua MilliQ nova durant 5 minuts. Renovarem l'aigua anterior i esperarem 3 minuts més per poder realitzar la nova mesura.

En finalitzar totes les mesures recollirem la tira i la guardarem en un paper de filtre.

	TENSIÓ SUPERFICIAL (mN/m)
AIGUA	72.00
DURASOL	38.94
CONCARE	46.56
HIDRO HEALTH RPG	38.42
BOSTON	45.24
HIDRO HEALTH SiH	39.18
PURE MOIST	35.84
ZERO	46.16
POLOXÀMER	42.48
HPMC	47.92
HEC	60.74
PVA	61.74

Taula 3. Resultats de la tensió superficial

9.4. VISCOSITAT

Temperatura del laboratori 22°C.

Viscoball

Material:

- Vas de precipitats
- Pipeta
- Viscosímetre de caiguda de bola (Viscoball)
- Pipum
- Aigua MilliQ
- Mostra (quantitat gran, > 60 mL)
- Cronòmetre (mòbil)

Procediment:

Depenent del rang de viscositat que es vulgui mesurar s'emprarà una mida de bola concreta que ve determinada pel fabricant. Nosaltres vam utilitzar la de mida 1.

Fem una mesura amb aigua, que serà la que agafarem com a referència, i calibrem el viscosímetre.

Netegem el viscoball amb aigua. Repetim el procediment 3 cops.

Omplim el viscosímetre amb aigua.

Mesurem el temps que tarda l'aigua en fluir entre les dos senyals. Utilitzarem el cronòmetre del mòbil ja que té una major precisió (fins a centèsimes de segon).

Realitzem 3 mesures i traiem el valor promig.

Aplicar la fórmula que hi ha a continuació per obtenir el valor de la constant. Les dades de viscositat de l'aigua estan tabulades.

$$k = \eta / (t (d_1 - d_2))$$

Si el tub del viscoball no està sec, esbandir amb la mostra, emprant una petita quantitat (uns 3-5 mL), tres cops.

S'omple el viscosímetre amb la mostra.

Com amb l'aigua, mesurem el temps que tarda el líquid en fluir entre les dos senyals.

Fer 3 mesures i fer valor promig.

La fórmula que ens dona el fabricant per a calcular la viscositat absoluta és:

$$\eta = t (d_1 - d_2) k \quad (\text{mPa}\cdot\text{s})$$

on t és temps i d és densitat.



Figura 23. Viscoball

Taula de resultats de la Viscositat:

	VISCOSITAT (mPa·s)
AIGUA	0.9549
DURASOL	3.2082
CONCARE	13.4026
HIDRO HEALTH RPG	2.9400
BOSTON	23.1202
HIDRO HEALTH SiH	0.9808
PURE MOIST	1.0393
ZERO	1.6067
POLOXÀMER	0.9094
HPMC	0.9623
HEC	1.1135
PVA	0.8951

Taula 4. Resultats de viscositat

La viscositat de totes les solucions les vam mesurar amb el Viscoball, exceptuant el Boston que ho vam haver de fer amb el viscosímetre d'Ostwald de mida 100 (pensat per a viscositats superiors a 6.4 mPa·s), i per les mesures de la viscositat de les dissolucions de Poloxàmer, Hidroxipropilmetilcel·lulosa, Hidroxietilcel·lulosa i Polivinil Alcohol vam utilitzar el viscosímetre d'Ostwald de mida 75.

Per a calcular la constant “k” del Viscoball vam utilitzar la següent formula, tenint les dades de viscositat i densitat de l'aigua a una temperatura de 22°C.

$$\eta = t(d_1 - d_2)k, \quad \text{on } \eta = 0.955, \quad d_1 = 2.231, \quad d_2 = 0.99786, \quad t = 29.82$$

$$k = \eta / t(d_1 - d_2) \rightarrow k = 0.955 / 29.82 (2.231 - 0.99786) \rightarrow k = 0.02597 \text{ (dv std=4.80} \times 10^{-5} \text{)}$$

Per a les constants del viscosímetre s'Ostwald vam agafar les dades proporcionades pel fabricant:

Ostwald 75: $C = 0.011172 \pm 0.35\%$

Ostwald 100: $C = 0.019979 \pm 0.35\%$

9.5. SALINITAT

Temperatura del laboratori 22°C.

Material:

- Refractòmetre digital
- Comptagotes
- Aigua MilliQ
- Mostres

El refractòmetre digital és un dispositiu òptic que es basa en la refracció de la llum per mesurar la quantitat de clorur sòdic que hi ha present en una dissolució. És fàcil i ràpid d'utilitzar.

Procediment:

Per mesurar la salinitat amb el refractòmetre digital, primer l'hem de calibrar amb aigua MilliQ. Un cop calibrat, només cal introduir una gota de la mostra que es vulgui estudiar a l'orifici de l'instrument, i immediatament obtenim la mesura. Com és una mesura molt ràpida, repetirem el procés tres cops i calcularem la mitja, que serà el valor final amb el que ens quedarem.



Figura 24. Refractòmetre digital

	Aigua	Durasol	Concare	Hidro Health RPG	Boston	Hidro Health SiH	PureMoist	Zero
mesura	0.0	1.4	2.0	1.4	2.3	1.5	2.6	1.5

Taula 5. Resultats de salinitat

9.6. ANGLE DE CONTACTE

Temperatura del laboratori 22°C.

Material:

- Microscopi horitzontal
- Càmera CCD*
- Plaques de PMMA, vidre i motlle RPG (Boston EO)
- Micropipeta
- Mostres solucions

La càmera CCD de la que disposàvem al laboratori no la vam poder utilitzar, ja que no es va aconseguir acoblar correctament al microscopi horitzontal permetent-nos així prendre les dades el més precises possible. Es va haver de fer amb l'ajut del goniometre d'angle de contacte, que incorpora un transportador d'angles a l'ocular.

Procediment:

Per mesurar l'angle de contacte de les diferents solucions per a lents de contacte, vam utilitzar plaques dels diferents materials nombrats anteriorment, ja que algunes solucions eren per a lents RPG i altres per a lents toves.

Es posa una gota amb un volum de 0.5 mL a la placa desitjada amb la micropipeta. Per cada gota, per intentar obtenir un resultat prou precís, vam mesurar quatre angles, dos mesures per cada costat de la gota. Després es fa la mitja i aquest és el resultat que anotem.

	Aigua	Durasol	Concare	Hidro Health RPG	Boston	Hidro Health SiH	PureMoist	Zero
PMMA	70	31	46	55	55	47	27	56
VIDRE	50	47	57	38	57	33	34	44
RPG	101	50	42	55	41	-	-	-

	HEC	PVA
PMMA	71	75
VIDRE	56	65

Taula 6. Resultats dels angles de contacte

10. TAULA RESUM RESULTATS

A continuació adjunto una taula resum amb els resultats finals de totes les mesures i per a totes les solucions, tant les comercials com les preparades al laboratori:

	DENSITAT (g/cm ³)	pH	TENSÍO SUPERFICIAL (mN/m)	VISCOSITAT (mPa·s)	SALINITAT (g/100mL)	ANGLE CONTACTE (º)		
						PMMA	VIDRE	RPG (BOSTON EO)
AIGUA	0,9979	7.00	72.00	0.9549	0.0	70	50	101
DURASOL	0.9734	7.270	38.94	3.2082	1.4	31	47	50
CONCARE	0.9926	7.093	46.56	13.4026	2.0	46	57	42
HIDRO HEALTH RPG	0.9986	7.30	38.42	2.9400	1.4	55	38	55
BOSTON	0.9411	7.156	45.24	23.1202	2.3	55	57	41
HIDRO HEALTH SiH	0.9841	7.503	39.18	0.9808	1.5	47	33	-
PURE MOIST	0.9885	7.816	35.84	1.0393	2.6	27	34	-
ZERO	1.0102	7.090	46.16	1.6067	1.5	56	44	-
POLOXÀMER	0.9838	5.977	42.48	0.9094	-	-	-	-
HPMC	0.9749	5.687	47.92	0.9623	-	-	-	-
HEC	0.9819	6.24	60.74	1.1135	-	71	56	-
PVA	0.9839	6.23	61.74	0.8951	-	75	65	-

FORMULES EMPRADES

Per calcular els valors promig s'ha utilitzat la següent formula:

$$\text{Valor Promig} = \frac{a_1 + a_2 + a_3 + \dots + a_n}{n}$$

On a és cada valor mesurat, i n el número total de mesures.

Per calcular la desviació estàndard es va utilitzar la calculadora científica que es mostra a baix, la Casio fx-82MS.

Per fer els càlculs, primerament s'ha d'activar el mode estadístic a la calculadora (tecla MODE + tecla 2). A continuació pressionem (SHIFT + tecla 2 (S-VAR)), i quan apareixen a la pantalla tres opcions, escollim la opció 3 on posa (XON-1), d'aquesta manera obtenim la desviació estàndard mostral.

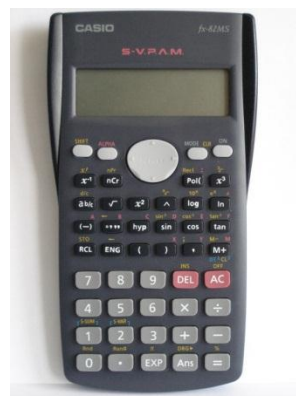


Figura 24. Calculadora Casio fx-82MS

A continuació adjunto la formula per calcular la desviació estàndard mostral:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

11. Conclusions

- Les densitats de totes les dissolucions són properes a la de l'aigua.
- Totes les solucions per a lents de contacte tenen un pH neutre o molt pròxim a 7, gràcies als sistemes tampó com l'àcid bòric/borat o fosfats. Les dissolucions preparades al laboratori tenen un pH inferior a 7, segurament per la manca del sistema tampó.
- La tensió superficial de totes les dissolucions es inferior a la de l'aigua, degut als agents tensioactius que porten.
- Les solucions específiques per a lents de contacte RPG, Durasol, Hidro Health RPG, però sobretot Boston i Concare tenen una major viscositat que les solucions per a lents toves, probablement perquè les solucions per a RPG solen portar més viscosant ja que les lents RPG són més molestes de portar a causa de la seva rigidesa. El viscosant que tenen en comú Boston i Concare és el PVA. Hem vist que en concentracions baixes (0.02%) no proporciona gran viscositat, però podríem pensar que en concentracions majors augmentaria notablement. Això ens ha donat una pista per a futures investigacions.
- Observant la composició de les solucions, comparant aquelles que porten poloxàmer (DURASOL, HIDRO HEALTH RPG, HIDRO HEALTH SiH) veiem que la que sols porta poloxàmer (Hidro Health SiH) presenta una menor viscositat a la vegada que una tensió superficial baixa. Això ens pot indicar que el poloxàmer no aporta gaire efecte viscosant. El poloxàmer probablement porti més efecte tensioactiu, ja que observant la solució ZERO que porta HPMC, la tensió superficial del poloxàmer es inferior. Això també ho veiem en les dissolucions preparades al laboratori.
- La salinitat de totes les solucions comercials es superior al valor de 0.9-1.0% que li correspon als fluids corporals, per tant son hipertòniques.
- Els angles de contacte de les solucions comercials són, en general, inferiors al de l'aigua, especialment les solucions per a lents RPG sobre un material RPG.

12. Bibilografia

http://disop.es/pdf/durasol_conservador.pdf

<http://www.conoptica.es/soluciones.html>

http://disop.es/productos_1_13.htm

[http://www.bausch.com/Portals/107//m/BL/United%20States/USFiles/Package%20Inserts/Vis
ion%20Care/bostonadvancedpackageinsert.pdf](http://www.bausch.com/Portals/107//m/BL/United%20States/USFiles/Package%20Inserts/Vis
ion%20Care/bostonadvancedpackageinsert.pdf)

<http://www.conoptica.es/soluciones.html>

<http://www.sharon-labs.com/es/products.aspx?iid=21&t=2>

http://ec.europa.eu/health/scientific_committees/consumer_safety/docs/sccs_o_157.pdf

http://www.medscape.com/viewarticle/588636_5

13. Annex

Taules amb tots els resultats de les mesures:

1. DENSITAT:

Aigua $d = 0,9979 \text{ g/cm}^3$	M1= 0,5034g	M2= 0,5021g	M3= 0,5027g		
$V=m/d$	V1= 0,5044cm ³	V2= 0,5032cm ³	V3= 0,5038cm ³	Vm= 0,5038cm ³	dv. Stnd.= 6×10^{-4}

	Durasol	Concare	Hidro Health RPG	Boston	HidroHealth SiH	PureMoist	Zero
M1	0,4876	0,5068	0,5043	0,4768	0,4942	0,4990	0,5163
M2	0,4935	0,4978	0,5012	0,4702	0,4934	0,4907	0,5050
M3	0,4902	0,4957	0,5040	0,4735	0,4987	0,4931	0,5056
promig	0.4904	0.5001	0.5031	0.4735	0.4954	0.4942	0.5089
dv. Stnd.	3.71×10^{-3}	5.89×10^{-3}	1.71×10^{-3}	3.30×10^{-3}	2.85×10^{-3}	4.16×10^{-3}	6.35×10^{-3}

	Durasol	Concare	Hidro Health RPG	Boston	HidroHealth SiH	PureMoist	Zero
D1	0,9678	1,0059	1,0009	0,9503	0.9809	0.9904	1.0248
D2	0,9795	0,9880	0,9948	0,9333	0.9817	0.9740	1.0023
D3	0,9730	0,9839	1,0003	0,9398	0.9898	0.9787	1.0035
promig	0,9734	0,9926	0,9986	0,9411	0.9841	0.9810	1.0102
dv. Stnd.	5.86×10^{-3}	9.29×10^{-3}	3.36×10^{-3}	8.57×10^{-3}	4.92×10^{-3}	8.44×10^{-3}	12.65×10^{-3}

	Poloxàmer (0.05%)	HPMC (0.05%)	HEC (0.05%)	PVA (0.02%)
M1	0.4939	0.4891	0.4916	0.4959
M2	0.4953	0.4931	0.4970	0.4957
M3	0.4978	0.4915	0.4979	0.4956
promig	0.4957	0.4912	0.4955	0.4957
dv. Stnd.	1.97×10^{-3}	2.01×10^{-3}	3.40×10^{-3}	1.52×10^{-4}

	Poloxàmer (0.05%)	HPMC (0.05%)	HEC (0.05%)	PVA (0.02%)
D1	0.9803	0.9708	0.9757	0.9843
D2	0.9831	0.9787	0.9865	0.9839
D3	0.9881	0.9756	0.9835	0.9837
promig	0.9838	0.9749	0.9819	0.9839
dv. Stnd.	3.95×10^{-3}	3.98×10^{-3}	5.57×10^{-3}	3.05×10^{-4}

2. pH:

	Durasol	Concare	Hidro Health RPG	Boston	HidroHealth SiH	PureMoist	Zero
pH 1	7.28	7.08	7.29	7.15	7.50	7.76	7.09
pH 2	7.24	7.11	7.31	7.16	7.50	7.82	7.09
pH 3	7.29	7.09	7.30	7.16	7.51	7.87	7.09
promig	7.270	7.093	7.30	7.156	7.503	7.816	7.090
dv. Stnd.	2.64×10^{-2}	1.52×10^{-2}	1.00×10^{-2}	5.77×10^{-3}	5.77×10^{-3}	5.50×10^{-2}	0.00

	Poloxàmer (0.05%)	HPMC (0.05%)	HEC (0.05%)	PVA (0.02%)
pH 1	6.05	5.73	6.19	6.02
pH 2	5.94	5.68	6.31	6.02
pH 3	5.94	5.65	6.22	6.03
promig	5.977	5.687	6.24	6.23
dv. Stnd.	6.35×10^{-2}	4.04×10^{-2}	6.25×10^{-2}	5.77×10^{-3}

3. TENSIO SUPERFICIAL:

	Durasol	Concare	Hidro Health RPG	Boston	HidroHealth SiH	PureMoist	Zero
Mesura 1	39.4	47.9	38.6	45.5	39.3	35.6	46.3
Mesura 2	39.3	46.8	38.3	45.8	39.0	36.1	46.3
Mesura 3	38.7	46.0	38.3	45.5	39.2	35.8	46.2
Mesura 4	38.7	46.2	38.4	44.2	39.2	35.9	46.0
Mesura 5	38.6	45.9	38.5	45.2	39.2	35.8	46.0
Promig	38.94	46.56	38.42	45.24	39.18	35.84	46.16
dv. Stnd.	0.3781	0.8264	0.1304	0.6188	0.1095	0.1816	0.1516

	Poloxàmer (0.05%)	HPMC (0.05%)	HEC (0.05%)	PVA (0.02%)
Mesura 1	42.7	48.7	61.8	62.0
Mesura 2	42.5	47.5	61.4	62.1
Mesura 3	42.6	47.5	60.6	61.6
Mesura 4	42.3	48.1	60.0	61.4
Mesura 5	42.3	47.8	59.9	61.6
promig	42.48	47.92	60.74	61.74
dv. Stnd.	0.1788	0.5019	0.8414	0.2966

4. VISCOSITAT

	Aigua	Durasol	Concare	Hidro Health RPG	Boston	Hidro Health SiH	PureMoist	Zero
temps 1	29.82 s	1'38''90	6'57''31	1'31''70	18'50''40	30,58 s	32.37 s	50.60 s
temps 2	29.88 s	1'37''50	6'58''83	1'32''82	19'39''21	30,22 s	32.12 s	50.69 s
temps 3	29.77 s	1'38''30	6'54''05	1'31''07	19'22''53	30,07 s	32.15 s	50.77 s
Promig	29.82 s	98.23 s	416.73 s	91.86 s	1157.22 s	30.29 s	32.21 s	50.68 s
dv. Std.	5.50×10^{-2}	0.7023	2.4422	0.8863	24.8091	0.2621	0.1365	8.50×10^{-2}
Viscositat (mPa·s)	0.9549	3.2082	13.4026	2.9400	23.1202	0.9808	1.0393	1.6067

	Poloxàmer (0.05%)	HPMC (0.05%)	HEC (0.05%)	PVA (0.02%)
temps 1	1'23''13	1'27''97	1'41''94	1'21''30
temps 2	1'22''52	1'28''27	1'40''92	1'21''55
temps 3	1'22''55	1'28''82	1'41''04	1'21''45
promig	82.73 s	88.35 s	101.30 s	81.43 s
dv. Std.	0.3438	0.4311	0.5392	0.1258
Viscositat (mPa·s)	0.9094	0.9623	1.1135	0.8951

5. SALINITAT:

	Aigua	Durasol	Concare	Hidro Health RPG	Boston	Hidro Health SiH	PureMoist	Zero
mesura	0.0	1.4	2.0	1.4	2.3	1.5	2.6	1.5

6. ANGLE DE CONTACTE:

	Aigua	Durasol	Concare	Hidro Health RPG	Boston	Hidro Health SiH	PureMoist	Zero
PMMA	70	31	46	55	55	47	27	56
VIDRE	50	47	57	38	57	33	34	44
RPG	101	50	42	55	41	-	-	-

	HEC	PVA
PMMA	71	75
VIDRE	56	65